

ESAME STATO 2019

• DATI PROBLEMA

$$\begin{aligned} W &= 6500 \text{ N} & \frac{W}{S} &= 438,17 \text{ N/m}^2 & b &= 15 \text{ m} \\ S &= 10,27 \text{ m}^2 & E_{\text{max}} &= 41 \end{aligned}$$

FASE I - $z_1 = 1300 \text{ m}$ in planata rettilinea per 9 min.

FASE II - VIRATA in 90° con un angolo di bank di 45°

FASE III - INTERCETTA CORRENTE ASCENSIONALE $V_a = 9 \text{ m/s}$ in pendenza quota per 3 min.

- Il raggio di discesa e la quota raggiunta dopo 9 min;
- Il valore del fattore di carico durante la virata;
- La distanza orizzontale max percorsa e il tempo impiegato fino all'atterraggio;
- Diagramma delle accelerazioni nell'asse delle coordinate più favore.

SVOLGIMENTO

FASE I - **VOLO LIBRATO** Il volo avviene alla massima efficienza:

$$E_{\text{max}} = \sqrt{\frac{\pi AR}{4 C_{D0}}} \quad \text{a cui corrispondono} \quad \begin{cases} C_L|_{E_{\text{max}}} = \sqrt{\pi AR C_{D0}} \\ C_D|_{E_{\text{max}}} = 2 C_{D0} \end{cases}$$

$$AR = \frac{b^2}{S} = \frac{15^2}{10,27} = 21,9 \quad \rightarrow \quad C_{D0} = \frac{\pi AR}{4 E_{\text{max}}^2} = \frac{\pi \times 21,9}{4 \times 41} = 0,01.$$

L'altitudine si trova a 1300 m ($\rho_{1300 \text{ m}} = 1,0794 \text{ kg/m}^3$) e si vuole allineare:

$$C_L|_{E_{\text{max}}} = 0,83 \quad \text{e} \quad C_D|_{E_{\text{max}}} = 0,02$$

$$\text{Calcolo dell'angolo di rampa:} \quad \beta_{\text{min}} = \arctan \frac{1}{E_{\text{max}}} = \arctan \frac{1}{41} = 1,40^\circ$$

Calcoliamo la velocità ascensionale:

$$w_I = \sqrt{\frac{2W}{S\rho}} \frac{1}{E\sqrt{C}}$$

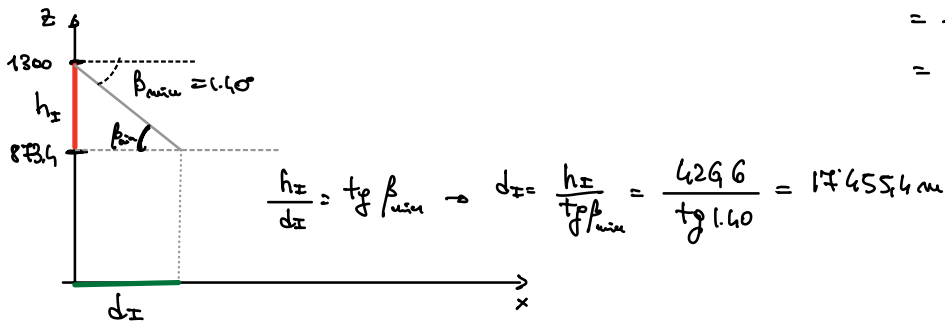
$$E\sqrt{C} \limax = \sqrt{\frac{3\pi AR}{26 C_{00}}} = \sqrt{\frac{3 \times 3.14 \times 21.9}{26 \times 0.01}} = 35.91 \quad \text{da cui}$$

$$w_I = \sqrt{\frac{2 \times 4500}{10.27 \times 1.0794}} \frac{1}{35.91} = 0.79 \text{ m/s}$$

Dopo 9 minuti l'elicottero sarà sotto alla quota di $z_I = z_1 - w_I \times t_I =$

$$\begin{aligned} &= 1300 - 0.79 \times 9 \times 60 = \\ &= 873.4 \text{ m} \end{aligned}$$

426.6 m.



FASE II - VIRATA DI 90° CON ANGOLO DI BANK $\theta = 45^\circ$

Fattore di carico : $n = \frac{1}{\cos \theta} = \frac{1}{\cos 45^\circ} = 1.4142$

$$n = \frac{L_v}{W} \rightarrow L_v = n W = 1.4142 \times 4500 = 6363.96 \text{ N}$$

Supponiamo che voli costante livello (vello alla max efficienza - $C_L = 0.83$ - $C_D = 0.02$):

$$L_v = C_L S \frac{1}{2} \rho v_v^2 \rightarrow v_v = \sqrt{\frac{2 L_v}{\rho C_L S}}$$

la virata ci troviamo a $z = 873,4 \text{ m} \rightarrow \rho \approx 1.1257 \text{ kg/m}^3$. Per interpolazione è:

850 m	1.1283	
873,4 m	x	$\rightarrow \frac{873,4 - 850}{900 - 850} = \frac{x - 1.1283}{1.1228 - 1.1283}$
900 m	1.1228	

$$\rightarrow \rho = 1.1257 \text{ kg/m}^3$$

da cui:

$$v_v = \sqrt{\frac{2 \times 6363,96}{1.1257 \times 10,17 \times 0,83}} = 36,42 \text{ m/s}$$

Il raggio di virata

$$r = \frac{2 \text{ W/s}}{\rho \cdot g \cdot C} \cdot \frac{1}{\sin \theta} = \frac{2 \times 438,17}{1.1257 \times 9,81 \times 0,83} \cdot \frac{1}{\sin 45} = 135,21 \text{ m}$$

Per effetto delle virate, l'elicante ha percorso

$$D_{vir} = \frac{\pi}{2} \times r = \frac{3,14}{2} \times 135,21 = 212,3 \text{ m}$$

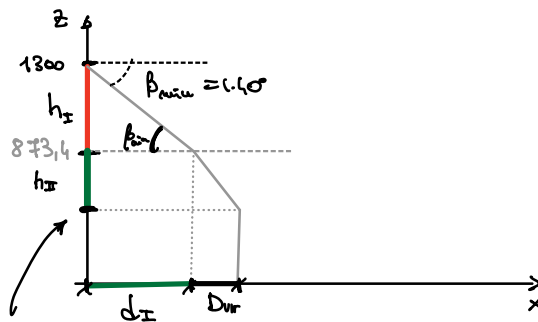
impiegando un tempo $t_v = \frac{D_{vir}}{v_v} = \frac{212,3}{36,42} = 5,83 \text{ s}$

La velocità verticale con cui l'elicante scende è:

$$w_{\pi} = \frac{1}{\pi \sqrt{C} \cdot l_{max}} \sqrt{\frac{2 L_v}{\rho S}} = \frac{1}{35,91} \sqrt{\frac{2 \times 6363,96}{1.1257 \times 10,27}} = 0,92 \text{ m/s}$$

In un tempo pari a $t_v = 5,83 \text{ s}$, l'elicante scende, alla velocità w_{π} , di una p.ta:

$$h_{\pi} = w_{\pi} \times t_v = 0,92 \times 5,83 = 5,40 \text{ m}$$



$$z_2 = z_1 - h_{II} = 873,4 - 5,40 = 868 \text{ m.}$$

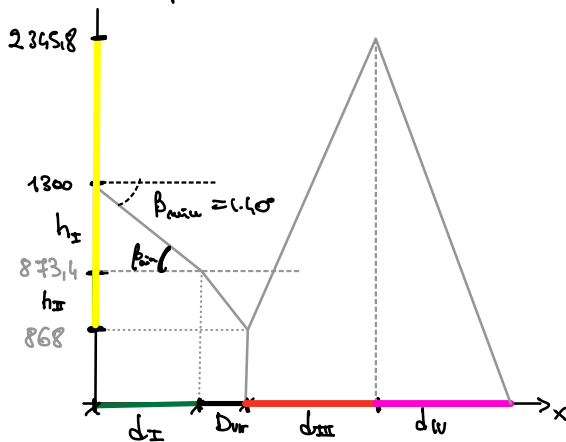
z_2 è la quota cui si trovano l'elivante dopo la virata.

FASE III - CORRENTE ASCENDENTE CON VELOCITÀ $v_a = 9 \text{ m/s}$ per $t_{III} = 3 \text{ min}$

Ad questo costante, l'elivante si trova adesso con una

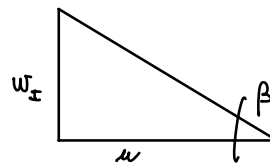
$$w_{III} = v_a - w_I = 9 - 0,79 = 8,21 \text{ m/s}$$

In un tempo $t_{III} = 3 \text{ min} = 3 \times 60 = 180 \text{ sec}$ e :



$$h_{III} = w_{III} * t_{III} = 8,21 * 180 = 1477,8$$

$$z_3 = z_2 + h_{III} = 868 + 1477,8 = 2345,8 \text{ m}$$



$$\frac{w_I}{u} = \frac{t_{II} \beta}{t_{II} \beta} \Rightarrow u = \frac{w_I}{\frac{t_{II} \beta}{t_{II} \beta}} = 32,3 \text{ m/s}$$

Quindi l'elivante si sposterà orizzontalmente, per 3 min, di un valore

$$d_{III} = u * 3 * 60 = 5819,4 \text{ m}$$

FASE IV - VOLO LIBRO FINO A quota zero.

Siamo a $z = 2345,8 \text{ m}$ no $d_w = z_3 * E_{max} = 2345,8 * 4,1 = 9617,8 \text{ m}$

no $t_w = \frac{z_3}{w_z} = \frac{2345,8}{0,78} = 2994,4$

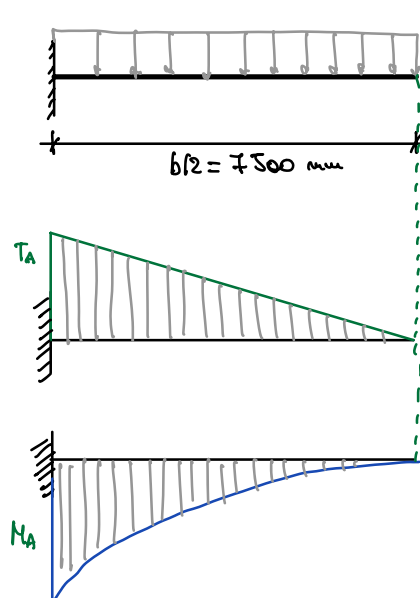
In conclusione:

	DIST.	TEMPO	
FASE I	17455,4	9 min	560 sec
FASE II	212,3		5,83 sec
FASE III	5819,4	3 min	180 sec
FASE IV	9617,8		2969,4

119,7 km

3695,23 sec $\approx 62 \text{ min}$

La condizione più sfavorevole si ha in virata. Schematizzando l'ala come una TRAVE A SBALZO con carico distribuito [pag. 138 del manuale]



$\sim p = \frac{L_v}{b} = \frac{mW}{b} = \frac{6363,96}{15000} = 0,4243 \frac{N}{mm}$

$b = 15 \text{ m} = 15000 \text{ mm}$

$T_A = p \cdot \frac{b}{2} = 0,4243 * 7500 = 3182,25 \text{ N}$

$M_A = \frac{p \cdot b^2}{2} = \frac{0,4243 * 7500^2}{2} = 11933 \text{ K.N.m}$

$H_t = \frac{1}{2} \rho S v^2 C_{nc}$ [pag. 161] $c = \frac{S}{b} = \frac{10,27}{15} = 0,68$

$$M_G = \frac{1}{2} * 1.1257 * 10.27 * C_H * 36.42^2 * 0.685$$

↑

dipende dal C_L e dal profilo alare. [pag. 167]

Supponiamo di usare un NACA 64,212. E' $C_{L0} = -0.03$

allora

$$\begin{aligned} M_G &= \frac{1}{2} * 1.1257 * 10.27 * 0.03 * 36.42^2 * 0.685 = \\ &= 157.56 \text{ Nm} \quad (\text{risultante}). \end{aligned}$$